

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра (циклова комісія) радіофізики та комп'ютерних технологій

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету \_\_\_\_\_

доц. Юрій ФУРГАЛА

2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

АЛГОРИТМИ І СТРУКТУРИ ДАНИХ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультет електроніки та комп'ютерних технологій

(назва інституту, факультету, відділення)


Робоча програма “Алгоритми і структури даних” для студентів  
(назва навчальної дисципліни)  
галузі знань “12 – Інформаційні технології”  
за спеціальністю “121 Інженерія програмного забезпечення”

Розробники: Сергій ВЕЛЬГОШ (кандидат фізико-математичних наук, доцент)  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри (циклової комісії) \_\_\_\_\_  
радіофізики та комп'ютерних технологій

Протокол від “ 30 ” 08 2022 року № 2/22

Завідувач кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій

 (Іван КАРБОВНИК)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Ухвалено Вченою радою \_\_\_\_\_  
факультету електроніки та комп'ютерних технологій

Протокол від “ 31 ” 08 2022 року № 28/22

© ВельгошС., 2022 рік

© ЛНУ ім. І. Франка, 2022 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА**

---

Кафедра (циклова комісія) радіофізики та комп'ютерних технологій

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету \_\_\_\_\_

доц. Юрій ФУРГАЛА

“ ” 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**АЛГОРИТМИ І СТРУКТУРИ ДАНИХ**

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 121 – Інженерія програмного забезпечення \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультет \_\_\_\_\_ електроніки та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету, відділення)

Робоча програма \_\_\_\_\_ “Алгоритми і структури даних” \_\_\_\_\_ для студентів  
(назва навчальної дисципліни)  
галузі знань \_\_\_\_\_ “12 – Інформаційні технології” \_\_\_\_\_  
за спеціальністю \_\_\_\_\_ “121 Інженерія програмного забезпечення” \_\_\_\_\_

Розробники: \_\_\_\_\_ Сергій ВЕЛЬГОШ (кандидат фізико-математичних наук, доцент)  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри (циклової комісії) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ радіофізики та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

Протокол від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ радіофізики та комп'ютерних технологій  
\_\_\_\_\_ (Іван КАРБОВНИК)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Ухвалено Вченою радою \_\_\_\_\_ факультету електроніки та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

Протокол від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року № \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів <b>3,5</b>	Галузь знань <u>12 Інформаційні технології</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – <i>немає</i>	Спеціальність:  <u>121 Інженерія програмного забезпечення</u>	Рік підготовки	
Змістових модулів – <b>4</b>		<b>2-й</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>немає</u> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – <b>105</b>		<b>3-й</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <b>4</b> самостійної роботи студента – <b>2,6</b>	Освітній ступінь <u>бакалавр</u>	Лекції	
		<b>32 год.</b>	
		Практичні, семінарські	
		<i>немає</i>	
		Лабораторні	
		<b>32 год.</b>	
		Самостійна робота	
		<b>41 год.</b>	
		Індивідуальні завдання:	
<i>немає</i>			
Вид контролю:			
<i>екзамен</i>			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить

для денної форми навчання – 1,5

для заочної форми навчання – немає

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** навчити студентів ефективно вирішувати алгоритмічні задачі, овоїти фундаментальні ідеї і методи теорії алгоритмів, виробити системний підхід до вирішення алгоритмічних задач, овоїти базові інформаційні структури даних, сформувати практичні навички розробки алгоритмів для розв'язання прикладних задач та їх програмування.

**Цілі:** ознайомлення студентів з основними поняттями та проблемами, а також опанування фундаментальним для інформатики поняттями алгоритму,

сформування практичних навичок розробки алгоритмів та вибору структур даних для розв'язання прикладних задач та їх програмування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** базові поняття теорії алгоритмів, способи представлення алгоритмів, основні алгоритмічні конструкції, принципи проектування алгоритмів, основні структури даних та операції над ними;

**вміти:** розробляти алгоритми та комп'ютерні програми мовами високого рівня для інформаційних систем; вибирати ефективну структуру даних для поставленої задачі; розробляти відповідно для структури даних алгоритм; використовувати рекурсивні структури даних та рекурсивні алгоритми.

Після вивчення даного курсу „Алгоритми і структури даних” здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:

**ЗК1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**ЗК2.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК5.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**ЗК6.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

**ФК20.** Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.

**ФК26.** Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

**ПРН13.** Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.

**ПРН27.** Вміти обирати оптимальні алгоритми та технології розробки програмного забезпечення.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### ***Змістовий модуль 1. Алгоритми та їх властивості. Сортування.***

##### **Тема 1. Базові поняття про алгоритми.**

Вступ. Історичні аспекти. Формалізація поняття алгоритму. Алфавітні оператори та алгоритми. Способи задання алфавітних операторів. Властивості алгоритмів. Різновиди алгоритмів. Композиції алгоритмів.

##### **Тема 2. Аналіз алгоритмів.**

Сортування включенням. Аналіз алгоритму сортування методом включення. Порядок зростання. Асимптотичні позначення.

##### **Тема 3. Метод декомпозиції.**

Метод декомпозиції („поділяй та владарюй”). Сортування злиттям. Аналіз алгоритму сортування злиттям.

##### **Тема 4. Швидке сортування.**

Опис алгоритму швидкого сортування. Ефективність алгоритму швидкого сортування. Випадкова версія алгоритму швидкого сортування. Аналіз алгоритму швидкого сортування. Порядкові статистики (вибір за лінійний час).

##### **Тема 5. Рекурентні співвідношення.**

Основні поняття. Метод підстановки. Метод дерев рекурсії. Основний метод.

### **Тема 6. Сортування за лінійний час.**

Нижня оцінка алгоритмів сортування, що базуються на порівнянні елементів. Сортування підрахунком. Сортування за розрядами.

### *Змістовий модуль 2. Структури даних.*

#### **Тема 7. Бінарні дерева пошуку.**

Структура даних бінарне дерево пошуку. Робота з бінарними деревами пошуку. Операції пошуку, вставки та видалення.

#### **Тема 8. Структура даних типу піраміда.**

Структура даних типу піраміда. Підтримка властивості піраміди. Створення піраміди. Алгоритм пірамідального сортування. Черги з пріоритетами.

#### **Тема 9. Каркаси.**

Каркаси або з'єднувальні дерева. Цикломатичне число. Каркас мінімальної ваги. Алгоритм Краскала пошуку каркасу мінімальної ваги. Алгоритм Пріма пошуку каркасу мінімальної ваги.

#### **Тема 10. Хеш-таблиці.**

Таблиці з прямою адресацією. Хеш-таблиці. Уникнення колізій за допомогою ланцюжків (відкрите хешування). Хеш-функції. Відкрита адресація (закрите хешування).

### *Змістовий модуль 3. Методи розробки ефективних алгоритмів.*

#### **Тема 11. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів.**

Методи розробки ефективних алгоритмів. Метод часткових цілей. Метод підйому. Метод відпрацьовування назад.

#### **Тема 12. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів (продовження).**

Жадібні алгоритми. Динамічне програмування. Евристичні алгоритми. Метод гілок та меж.

### *Змістовий модуль 4. Алгоритмічні системи. Класи складностей алгоритмів.*

#### **Тема 13 Алгоритмічні системи. Нормальні алгоритми. Обчислювальні функції.**

Поняття про алгоритмічні системи. Класичні алгоритмічні системи. Граф-схеми алгоритмів. Система нормальних алгоритмів Маркова. Принцип нормалізації.

Рекурсивні функції. Зведення довільних алгоритмів до числових функцій. Обчислювальні функції. Найпростіші функції. Головні оператори. Примітивно-рекурсивні, частково-рекурсивні, загально-рекурсивні функції. Теза Черча.

#### **Тема 14. Машина Тюрінга.**

Алгоритмічна система Тюрінга. Формальне визначення машини Тюрінга. Теза Тюрінга. Різновиди машин Тюрінга. Алгоритмічно нерозв'язні задачі: проблема розпізнавання самозастосовності алгоритмів та проблема зупинки.

#### **Тема 15. Модель РАМ.**

Операторні алгоритмічні системи. Рівнодоступна адресна машина. Обчислювальна складність РАМ-програм. Зв'язок машин Тюрінга і РАМ.

**Тема 16. Класи складностей алгоритмів.**

Важко-розв'язні задачі. Недетерміновані алгоритми. Класи P- та NP-повноти. Поліноміальна звідність, NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач. NP-важкі задачі.



#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Змістовий модуль 1. Алгоритми та їх властивості. Сортування.</i>												
<b>Тема 1. Базові поняття про алгоритми.</b> Вступ. Історичні аспекти. Формалізація поняття алгоритму. Алфавітні оператори та алгоритми. Способи задання алфавітних операторів. Властивості алгоритмів. Різновиди алгоритмів. Композиції алгоритмів.		2		2			2,6					
<b>Тема 2. Аналіз алгоритмів.</b> Сортування включенням. Аналіз алгоритму сортування методом включення. Порядок зростання. Асимптотичні позначення.		2		2			2,6					
<b>Тема 3. Метод декомпозиції.</b> Метод декомпозиції („поділяй та владарюй”). Сортування злиттям. Аналіз алгоритму сортування злиттям.		2		2			2,6					
<b>Тема 4. Швидке сортування.</b> Опис алгоритму швидкого сортування. Ефективність алгоритму швидкого сортування. Випадкова версія алгоритму швидкого сортування. Аналіз алгоритму швидкого сортування. Порядкові статистики (вибір за лінійний час).		2		2			2,6					
<b>Тема 5. Рекурентні співвідношення.</b> Основні поняття. Метод підстановки. Метод дерев рекурсії. Основний метод.		2		2			2,6					
<b>Тема 6. Сортування за лінійний час.</b> Нижня оцінка алгоритмів сортування, що базуються на порівнянні елементів. Сортування підрахунком. Сортування за розрядами.		2		2			2,6					
<b>Разом за змістовим</b>		<b>12</b>		<b>12</b>			<b>15,6</b>					

модулем 1														
<b>Змістовий модуль 2. Структури даних.</b>														
<b>Тема 7. Бінарні дерева пошуку.</b> Структура даних бінарне дерево пошуку. Робота з бінарними деревами пошуку. Операції пошуку, вставки та видалення.		2		2		2,6								
<b>Тема 8. Структура даних типу піраміда.</b> Структура даних типу піраміда. Підтримка властивості піраміди. Створення піраміди. Алгоритм пірамідального сортування. Черги з пріоритетами.		2		2		2,6								
<b>Тема 9. Каркаси.</b> Каркаси або з'єднувальні дерева. Цикломатичне число. Каркас мінімальної ваги. Алгоритм Краскала пошуку каркасу мінімальної ваги. Алгоритм Пріма пошуку каркасу мінімальної ваги.		2		2		2,6								
<b>Тема 10. Хеш-таблиці.</b> Таблиці з прямою адресацією. Хеш-таблиці. Уникнення колізій за допомогою ланцюжків (відкрите хешування). Хеш-функції. Відкрита адресація (закрите хешування).		2		2		2,6								
Разом за змістовим модулем 2		<b>8</b>		<b>8</b>		<b>10,4</b>								
<b>Змістовий модуль 3. Методи розробки ефективних алгоритмів.</b>														
<b>Тема 11. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів.</b> Методи розробки ефективних алгоритмів. Метод часткових цілей. Метод підйому. Метод відпрацьовування назад.		2		2		2,6								
<b>Тема 12. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів (продовження).</b> Жадібні алгоритми. Динамічне програмування. Евристичні алгоритми. Метод гілок та меж.		2		2		2,6								
Разом за змістовим модулем 3		<b>4</b>		<b>4</b>		<b>5,2</b>								
<b>Змістовий модуль 4. Алгоритмічні системи. Класи складностей алгоритмів.</b>														
<b>Тема 13 Алгоритмічні системи. Нормальні</b>		2		2		2,6								

<p><b>алгоритми.</b>  <b>Обчислювальні функції.</b>  Поняття про алгоритмічні системи. Класичні алгоритмічні системи.  Граф-схеми алгоритмів.  Система нормальних алгоритмів Маркова.  Принцип нормалізації.  Рекурсивні функції.  Зведення довільних алгоритмів до числових функцій. Обчислювальні функції. Найпростіші функції. Головні оператори. Примітивно-рекурсивні, частково-рекурсивні, загально-рекурсивні функції. Теза Черча.</p>											
<p><b>Тема 14. Машина Тюрінга.</b>  Алгоритмічна система Тюрінга. Формальне визначення машини Тюрінга. Теза Тюрінга. Різновиди машин Тюрінга. Алгоритмічно нерозв'язні задачі: проблема розпізнавання самозастосовності алгоритмів та проблема зупинки.</p>		2	2		2,6						
<p><b>Тема 15. Модель РАМ.</b>  Операторні алгоритмічні системи. Рівнодоступна адресна машина. Обчислювальна складність РАМ-програм. Зв'язок машин Тюрінга і РАМ.</p>		2	2		2,0						
<p><b>Тема 16. Класи складностей алгоритмів.</b>  Важко-розв'язні задачі. Недетерміновані алгоритми. Класи P- та NP-повноти. Поліноміальна звідність, NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач. NP-важкі задачі.</p>		2	2		2,6						
<p><b>Разом за змістовим модулем 4</b></p>		<b>8</b>	<b>8</b>		<b>9,8</b>						
<p><b>Усього годин</b></p>		<b>32</b>	<b>32</b>		<b>41</b>						

## 5. Теми семінарських занять

## 6. Теми практичних занять

## 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття.	2
2	Сортування методом включення.	2
3	Сортування методом злиття.	2
4	Швидке сортування.	2
5	Пошук порядкових статистик.	2
6	Сортування підрахунком. Сортування за розрядами.	2
7	Реалізація структури даних типу бінарне дерево пошуку.	2
8	Реалізація операцій пошуку, вставки та видалення і бінарному дереві пошуку.	2
9	Реалізація структури даних типу піраміда. Пірамідальне сортування.	2
10	Реалізація черги з пріоритетами на основі піраміди.	2
11	Побудова каркасу мінімальної ваги методами Краскала та Прима.	2
12	Побудова хеш-таблиці з відкритим хешуванням.	2
13	Побудова хеш-таблиці з закритим хешуванням.	2
14	Реалізація алгоритму динамічного програмування для задачі про перемноження матриць.	2
15	Реалізація методу відпрацьовування назад (бектрекінгу) для задачі про вісім ферзів.	2
16	Заключне лабораторне заняття.	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Базові поняття про алгоритми.	2,6
2	Тема 2. Аналіз алгоритмів.	2,6
3	Тема 3. Метод декомпозиції.	2,6
4	Тема 4. Швидке сортування.	2,6
5	Тема 5. Рекурентні співвідношення.	2,6
6	Тема 6. Сортування за лінійний час.	2,6
7	Тема 7. Бінарні дерева пошуку.	2,6
8	Тема 8. Структура даних типу піраміда.	2,6
9	Тема 9. Каркаси.	2,6
10	Тема 10. Хеш-таблиці.	2,6
11	Тема 11. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів.	2,6
12	Тема 12. Деякі методи розробки ефективних алгоритмів (продовження).	2,6
13	Тема 13 Алгоритмічні системи. Нормальні алгоритми. Обчислювальні функції.	2,6
14	Тема 14. Машина Тюрінга.	2,6
15	Тема 15. Модель RAM.	2,0
16	Тема 16. Класи складностей алгоритмів.	2,6
	<b>Разом</b>	<b>41</b>

## 9. Індивідуальні завдання

### 10. Методи навчання

Лекції, презентації, виконання та захист лабораторних робіт, обговорення/консультації для кращого розуміння тем, самостійна робота, обговорення, дискусія.

### 11. Методи контролю

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

- Змістовий модуль 1: 12 балів.
- Змістовий модуль 2: 18 балів.
- Змістовий модуль 3: 12 балів.
- Змістовий модуль 4: 8 балів.
- Модульний контроль у вигляді тестування у системі Moodle. Максимальна кількість балів за кожен тест – 10 балів. Модульний контроль проводиться після 2-го та 4-го змістових модулів.
- Іспит з курсу. Максимальна кількість балів – 50 балів. Іспит складається з результатів модульних контрольних (максимальна кількість балів – 20), тесту в системі Moodle (максимальна кількість балів – 10), виконання практичного завдання по тематиці лабораторних робіт (максимальна кількість балів – 10), усної співбесіди з викладачем (максимальна кількість балів – 10).

Підсумкова максимальна кількість балів 100.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота									
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
2	2	2	2	2	2	5	4	4	5

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий іспит	Сума
Змістовий модуль 3			Змістовий модуль 4				
T11	T12	T13	T14	T15	T16	50	100
6	6	2	2	2	2		

T1, T2 ... T16 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
A	90 – 100	відмінно	зараховано
B	81-89	добре	
C	71-80		
D	61-70	задовільно	
E	51-60		
FX	21-50	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
F	0-20	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

\* кількість балів для оцінок «незадовільно» (FX і F) визначається Вченими радами факультетів (педагогічними радами коледжів).

### 13. Методичне забезпечення

1. Клакович Л. М. Теорія алгоритмів : навчальний посібник. / Л. М. Клакович, С. М. Левицька, О. В. Костів. – Львів: ЛНУ, 2008. – 140 с.
2. T. H. Cormen, Ch. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein. Introduction to Algorithms. Third Edition. – The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
3. <https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a18b6456c0895433986694aaf4d6d0c56%40thread.tacv2/conversations?groupId=fc16c4db-e649-468c-b281-d739ce4198a2&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf>
4. <https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=278>

### 14. Рекомендована література

#### Основна

1. Клакович Л. М. Теорія алгоритмів : навчальний посібник. / Л. М. Клакович, С. М. Левицька, О. В. Костів. – Львів: ЛНУ, 2008. – 140 с.
2. T. H. Cormen, Ch. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein. Introduction to Algorithms. Third Edition. – The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
3. A. V. Aho, J. E. Hopcroft, J. D. Ullman. Data structure and Algorithms. – Addison-Wesley.
4. R. Sedgewick. Algorithms in C++. Fundamentals Data Structures, Sorting, Searching, Graph Algorithms. – Addison-Wesley.
5. R. Sedgewick, K. Wayne. Algorithms. Fourth Editions. – Addison-Wesley.
6. Кренивч А. П. Алгоритми і структури даних : підручник. / А. П. Кренивч. – К. : ВПЦ „Київський університет”, 2021. – 200 с.
7. Глибовець М.М. Основи комп'ютерних алгоритмів. – К.: Вид. дім „КМ академія”, 2003. – 452 с.

#### Допоміжна

8. D. E. Knuth. The Art of Computer Programming. Third Editions. – Vol. 1. Fundamentals Algorithms. – Addison-Wesley.
9. D. E. Knuth. The Art of Computer Programming. Third Editions. – Vol. 2. Seminumerical Algorithms. – Addison-Wesley.
10. D. E. Knuth. The Art of Computer Programming. Third Editions. – Vol. 3. Sorting and Searching. – Addison-Wesley.
11. J. J. McConnell. Analysis of Algorithms : An Active Learning Approach. Second Edition. – Jones and Bartlett Publishers.
12. Кублій Л. І. Алгоритми і структури даних. Основи алгоритмізації : підручник. / Л. І. Кублій. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 528 с.

13. Нікольський Ю. В. Дискретна математика : Підручник. Видання третє, виправлене та доповнене / Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник, Ю. М. Щербина. – Львів: „Магнолія – 2006”, 2013. – 432 с.
14. Шаховська Н. Б. Алгоритми і структури даних : посібник. / Н. Б. Шаховська, Р. О. Голощук. – Львів: „Магнолія – 2006”, 2010. – 215 с.

## **15. Інформаційні ресурси**

1. Internet – джерела.
2. Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка (<https://www.lnulibrary.lviv.ua/to-users-2/paid-services/internet/> ).
3. Львівська національна наукова бібліотека України імені Василя Стефаника (<https://www.lsl.lviv.ua/index.php/uk/elektronni-resursy1/> ).